

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 926 925 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
30.06.1999 Bulletin 1999/26

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: H05B 3/14, H05B 3/36,  
D01F 9/16

(21) Numéro de dépôt: 98403278.9

(22) Date de dépôt: 23.12.1998

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Etats d'extension désignés:  
AL LT LV MK RO SI

- Manin, Charles P.M.  
69270 Fontaine sur Saone (FR)
- Delecroix, Vincent J.  
69008 Lyon (FR)
- Jacob, Vincent  
69003 Lyon (FR)

(30) Priorité: 24.12.1997 FR 9716481

(71) Demandeur Messier-Bugatti  
78140 Velizy Villacoublay (FR)

(74) Mandataire:  
Joly, Jean-Jacques et al  
Cabinet Beau de Loménie  
158, rue de l'Université  
75340 Paris Cédex 07 (FR)

(72) Inventeurs:  
• Parmentier, Philippe M.  
69100 Villeurbanne (FR)

### (54) Panneau radiant à élément chauffant en fibres de carbone et son procédé de fabrication

(57) Le panneau de chauffage comporte un élément résistif (10) de forme essentiellement bidimensionnelle en fibres de carbone, des électrodes (12) reliées à l'élément électrique et au moins une couche de matière électriquement isolante (20a, 20b 22a, 22b, 22c, 22d) située sur chaque face de l'élément résistif, les couches de matière isolante, l'élément résistif et les électrodes étant noyées dans une matière plastique. L'élément résistif est constitué par une couche de tissu en fibres de carbone à précurseur cellulosique, le faux

de carbone dans les fibres étant compris entre 92 % et 96 % et l'émissivité du tissu étant supérieure à 0,7, de préférence supérieure à 0,9. Le panneau a un taux de radiation supérieur à 10 %, de préférence supérieur à 25 %. Les fibres de carbone sont de préférence à précurseur cellulosique carbonisé par traitement thermique réalisé, en final à une température comprise entre 700°C et 1000°C, de préférence entre 780°C et 820°C.

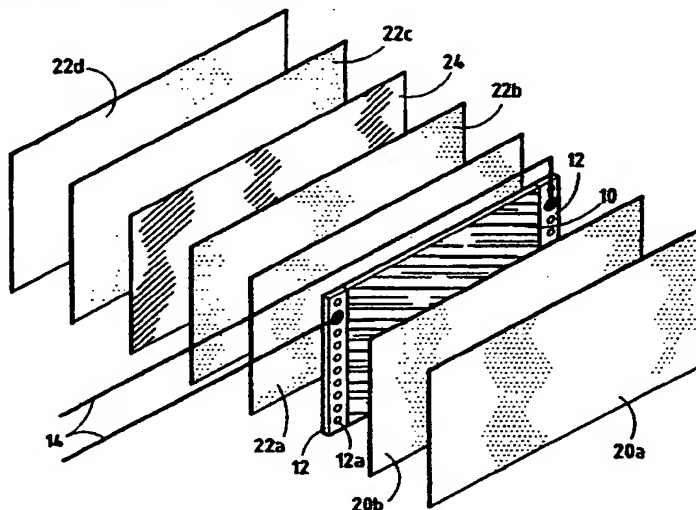


FIG.1

## Description

### Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne un panneau de chauffage électrique comportant un élément résistif chauffant en fibres de carbone.

[0002] Un domaine d'application plus particulièrement visé est celui des panneaux de chauffage d'ambiance à usage domestique, industriel ou tertiaire (collectivités, hôpitaux, ...).

### Arrière-plan de l'invention

[0003] Il a été proposé divers dispositifs de chauffage électrique utilisant un élément résistif de forme essentiellement bidimensionnelle en fibres de carbone.

[0004] L'élément résistif peut être formé d'une nappe de fibres courtes obtenue par voie papetière, d'une nappe ou ruban unidirectionnel en fibres de carbone, ou d'un tissu comprenant des fibres de carbone en chaîne et des fibres isolantes en trame. Il peut être fait référence notamment aux documents US-A-5 459 327, FR-A-2 263 658, FR-A-2 578 377 et FR-A-2 744 872. L'utilisation de tels éléments résistifs est avantageuse dans le cas où le dispositif de chauffage doit épouser la forme de pièces à chauffer, par exemple des moules ou des structures alaires à dégivrer. Il a aussi été proposé dans le document DE-A-42 21 455 d'utiliser un élément chauffant sous forme d'un tissu de carbone. L'élément résistif en fibres de carbone, muni d'électrodes de raccordement, est généralement placé entre deux couches de matière isolante, par exemple en fibres de verre, l'ensemble étant noyé dans une matière plastique telle qu'une résine thermodurcissable polymérisée.

[0005] Les dispositifs de chauffage connus utilisant des éléments résistifs en fibres de carbone fonctionnent généralement par conduction, voire par convection.

[0006] Or, un but de la présente invention est d'exploiter la possibilité d'utiliser des éléments chauffants en fibres de carbone pour réaliser des panneaux de chauffage radiants de faible épaisseur, donc de faible encombrement.

[0007] Il a été noté que les panneaux de chauffage dits radiants actuellement disponibles dans le commerce, outre qu'ils peuvent être relativement épais, évacuent une partie notable des calories produites par convection.

[0008] Un autre but de la présente invention est de proposer un panneau de chauffage avec lequel le chauffage est produit avec un taux de radiation important pour une température de surface relativement peu élevée, en comparaison avec les panneaux radiants connus.

[0009] Par ailleurs, l'utilisation de fibres de carbone, généralement bonne conductrices de l'électricité, pour réaliser des éléments chauffants par effet Joule, pose le problème de réaliser un élément ayant une résistance

électrique suffisamment élevée. Une solution peut consister à allonger le trajet résistif en imposant au courant un parcours sinueux en ménageant des ouvertures ou découpes dans l'élément en fibres de carbone, comme montré par exemple dans le document DE-A-42 21 455 déjà cité. Une telle solution présente toutefois des inconvénients. Outre qu'elle nécessite une étape supplémentaire au stade de la fabrication, elle présente le risque d'établissement de courts-circuits entre branches parallèles, de part et d'autre d'une ouverture ou découpe, sauf à élargir celle-ci, et, par conséquent, à augmenter l'encombrement et/ou le gaspillage de matière.

[0010] Encore un autre but de l'invention est donc de fournir un panneau de chauffage dans lequel l'élément chauffant est constitué par une texture en fibres de carbone ayant une résistivité relativement élevée pour qu'il ne soit pas nécessaire de lui donner une géométrie particulière visant à augmenter la résistance électrique.

### Brève description de l'invention

[0011] Selon un premier aspect de l'invention, ces buts sont atteints grâce à un panneau de chauffage électrique comportant un élément résistif de forme essentiellement bidimensionnelle en fibres de carbone, des électrodes reliées électriquement à l'élément électrique, et au moins une couche de matière électriquement isolante située sur chaque face de l'élément résistif, les couches de matière isolante, l'élément résistif et les électrodes étant noyés dans une matière plastique, panneau dans lequel l'élément résistif est constitué par une couche de tissu en fibres de carbone à précurseur cellulosique, le taux de carbone dans les fibres étant compris entre 92 % et 96 % et l'émissivité du tissu étant supérieure à 0,7.

[0012] Ainsi, une caractéristique du panneau conforme à l'invention réside dans l'utilisation d'un élément chauffant ayant une émissivité telle qu'il se comporte pratiquement comme un corps noir d'émissivité  $\epsilon = 1$ .

[0013] Une autre caractéristique du panneau conforme à l'invention tient à la présence de fibres de carbone à précurseur cellulosique qui permettent d'avoir une résistance électrique suffisante avec un taux de carbone élevé, alors qu'avec d'autres précurseurs du carbone, en particulier avec le polyacrylonitrile (PAN), une résistance électrique suffisante ne peut être obtenue qu'en cas de carbonisation bien moindre, comme indiqué dans le document US-A-4 816 242.

[0014] Selon une particularité du panneau conforme à l'invention, celui-ci a un taux de radiation supérieur à 10 % pour une température de surface de 80°C voire même, de préférence, supérieur à 25 % et pouvant atteindre au moins 30 %. A titre de comparaison, un taux de radiation de 30 % n'est obtenu que pour une température de surface de 200°C ou plus avec les panneaux radiants de l'art antérieur.

[0015] Selon un deuxième aspect de l'invention, celle-

ci vise un procédé de fabrication d'un panneau électrique radiant, comprenant les étapes de réalisation d'un élément résistif en fibres de carbone de forme essentiellement bidimensionnelle, mise en place d'électrodes de raccordement au contact de l'élément résistif, disposition d'au moins une couche de matière électriquement isolante sur chaque face de l'élément résistif, imprégnation de l'élément résistif muni des électrodes et des couches de matière électriquement isolante par une résine thermodurcissable, et polymérisation de la résine, procédé dans lequel la réalisation de l'élément résistif comprend la fourniture d'un tissu en fibres cellulosiques et la carbonisation du tissu par traitement thermique réalisé, en final, à une température maximale comprise entre 700°C et 1000°C, de sorte que le taux de carbone dans les fibres est compris entre 92 % et 96 %.

[0016] Ainsi, des caractéristiques de l'invention tiennent à l'utilisation d'un précurseur cellulosique et à la réalisation d'un traitement thermique permettant de produire un tissu en fibres de carbone ayant une résistance électrique suffisante et une très bonne émissivité. Il est alors possible de réaliser des panneaux radiants minces et efficaces.

[0017] De préférence, le précurseur cellulosique est une rayonne et le traitement thermique est réalisé à une température finale comprise entre 780°C et 820°C pendant une durée comprise entre 0,7 min et 1,3 min.

[0018] Les couches de matière isolante peuvent être formées par des textures, par exemple des tissus en fibres de verre.

[0019] La matière plastique enrobant l'élément résistif, les électrodes et les couches isolantes est une résine thermodurcissable polymérisée, avantageusement additionnée d'un colorant noir afin d'optimiser l'aspect et l'émissivité du panneau, donc son caractère radiatif.

[0020] Les électrodes sont avantageusement constituées par des bandes métalliques collées sur le tissu, par exemple des bandes de cuivre, perforées, les perforations permettant le passage de la résine pour une meilleure liaison entre les électrodes et le tissu de carbone. En variante, les électrodes peuvent également être formées par dépôt local d'une résine conductrice sur le tissu, ou par trempage des extrémités du tissu dans du cuivre en fusion.

[0021] D'autres particularités et avantages du panneau et du procédé selon la présente invention ressortiront à la lecture de la description détaillée faite ci-après à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins.

#### Brève description des dessins

[0022]

- la figure 1 est une vue en perspective éclatée montrant les différents éléments constitutifs d'un mode particulier de réalisation d'un panneau de chauffage conforme à l'invention, avant leur assemblage

- la figure 2 est une vue partielle en coupe illustrant l'assemblage par moulage sous vide des éléments constitutifs d'un panneau de chauffage, selon la figure 1 ;
- la figure 3 montre la variation en fonction du temps de la température mesurée à la face avant d'un panneau réalisé conformément à l'invention, lors de cycles successifs de mise sous tension et hors tension ;
- la figure 4 montre la variation en fonction du temps de la température mesurée à la face avant du panneau et de la température ambiante pendant une période de fonctionnement d'un panneau réalisé conformément à l'invention ;
- la figure 5 montre de façon très schématique un montage de mesure d'émissivité ; et
- les figures 6 et 7 illustrent les variations de résistance électrique en fonction de la température finale de carbonisation et du taux de carbone pour un tissu en fibres de carbone issues d'un précurseur rayonne.

#### Description de modes de réalisation préférés

[0023] Les éléments constitutifs d'un panneau de chauffage radiant selon un mode de réalisation de l'invention sont illustrés par la figure 1, avant leur assemblage.

[0024] L'élément chauffant 10 est constitué par une couche, ou pli, rectangulaire de tissu en fibres de carbone. Il est muni, le long de chaque petit côté, d'une électrode 12 reliée à un conducteur d'alimentation 14.

[0025] Du côté de la face avant du panneau, destinée à constituer la face radiante, la face de l'élément chauffant 10 est revêtue d'une couche de matière électriquement isolante, en l'espèce un ou deux plis 20a, 20b de tissu en fibres de verre. Plus de deux plis de matière électriquement isolante pourraient être prévus, mais sans toutefois pénaliser le transfert à la face avant du panneau des calories produites par l'élément chauffant.

[0026] A l'arrière, la face de l'élément chauffant est revêtue d'une matière électriquement et thermiquement isolante, formée par une, ou de préférence plusieurs couches 22a, ..., 22d par exemple en tissu de fibres de verre.

[0027] Une couche réfléchissante 24, telle qu'une feuille métallique, par exemple en aluminium peut éventuellement être intercalée entre deux couches isolantes arrière afin de réfléchir le flux thermique de l'élément chauffant. Il est également envisageable d'ajouter à l'arrière de l'élément chauffant une couche de matériau en nid d'abeilles afin de limiter la température en face arrière.

[0028] Les fibres de carbone de l'élément chauffant sont issues d'un précurseur de carbone, après carbonisation. Selon une caractéristique de l'invention, le précurseur est de type cellulosique et la carbonisation n'est

pas absolument complète, le taux de carbone dans les fibres, après carbonisation, étant compris entre 92 % et 96 %, donc relativement élevé. On notera que les termes "fibres de carbone" désignent ici des fibres dans lesquelles le taux de carbone n'est pas nécessairement égal à 100 %.

[0029] La carbonisation est produite par traitement thermique réalisé, en final, à une température maximale comprise entre 700°C et 1000°C. En deçà de 700°C, la carbonisation est insuffisante, les fibres conservent un caractère essentiellement isolant, tandis qu'au-delà de 1000°C, le taux de carbone est tellement élevé que la résistance électrique devient insuffisante.

[0030] De préférence, le précurseur est une rayonne. La température finale de traitement thermique est alors de préférence comprise entre 780°C et 820°C environ et le maintien du tissu à cette température est réalisé pendant une durée comprise de préférence entre 0,7 min et 1,3 min. Le traitement thermique pourra avantageusement comprendre une phase de pré-carbonisation à une température comprise entre 350°C et 420°C environ, pendant une durée plus longue.

[0031] L'utilisation d'un précurseur cellulosique, associée à un traitement thermique relativement modéré, permet d'aboutir à un tissu en fibres de carbone ayant une résistivité satisfaisante pour constituer un bon élément chauffant par effet Joule. De plus, on aboutit à un tissu ayant une très bonne émissivité, supérieure à 0,7, voire même supérieure à 0,9, donc proche de celle du corps noir.

[0032] Les électrodes 12 sont avantageusement constituées par des bandes métalliques conductrices, par exemple en cuivre, munies de perforations 12a. Elles peuvent être fixées sur le tissu 10 par collage au moyen d'un adhésif capable de résister aux températures rencontrées lors de l'assemblage du panneau. Un tel adhésif est par exemple formé par une bande en tissu de verre autocollant appliquée sur les électrodes et sur le tissu 10.

[0033] En variante, chaque électrode peut être formée par un dépôt local, sur le tissu, d'une couche de résine conductrice, par exemple de résine époxy chargée de poudre de carbone. Une autre possibilité consiste à former les électrodes par immersion de chaque extrémité du tissu 10 dans du cuivre en fusion.

[0034] L'assemblage du panneau peut être réalisé par moulage sous vide (figure 2) après imprégnation par une composition comportant une résine thermodurcissable.

[0035] Les couches de tissu en fibres de verre et en fibres de carbone sont imprégnées séparément, de préférence. Il est possible d'utiliser des couches de tissu de fibres de verre préimprégné.

[0036] La composition d'imprégnation, outre la résine, peut comprendre un durcisseur, un accélérateur de durcissement et un agent colorant noir. L'agent colorant est prévu au moins pour l'imprégnation de la couche isolante avant et de l'élément chauffant, afin d'optimiser

l'émissivité du panneau. La résine peut être une résine époxy. Le colorant noir, non conducteur électriquement, est par exemple du noir de carbone dilué à 2 % en poids dans une résine époxy elle-même mélangée à 3 % en poids maximum dans la composition d'imprégnation de base.

[0037] Les couches isolantes et le tissu de carbone muni des électrodes reliées aux fils d'alimentation sont placées entre un moule 30 et un film étanche 32. L'espace entre le moule 30 et le film 32 est fermé à sa périphérie par un joint d'étanchéité 34, par exemple un mastic, est relié à une source de vide par une canalisation 36.

[0038] Les éléments constitutifs du panneau peuvent être surmontés par une couche de drainage 40 ayant pour fonction de recueillir l'excédent de composition d'imprégnation. La couche 40 est par exemple un feutre de polyester. Entre le feutre 40 et le panneau peut être disposé un film séparateur perforé 42. Ce dernier, par exemple en polyamide, permet de limiter le drainage de la composition d'imprégnation par le feutre 40 et facilite la séparation ultérieure du panneau. Le moule 30 est constitué par une plaque métallique, par exemple une plaque d'acier inoxydable dont la surface est revêtue d'un agent démoulant, par exemple le produit commercialisé sous la dénomination "MOLD WIZ F57 NC" par la société des Etats-Unis d'Amérique Axel.

[0039] De façon bien connue pour tous les processus de moulage par polymérisation sous vide, la mise sous vide est établie progressivement, par paliers, au fur et à mesure de la montée en température nécessaire pour la polymérisation de la résine.

[0040] Après démoulage et détournage, le panneau est équipé d'une prise électrique et peut être directement utilisé. La face avant du panneau peut être munie d'un motif décoratif et le panneau peut être encadré. Il peut aussi présenter une couleur ou un mélange de couleurs particuliers et être mis en forme à la demande, par exemple avec des courbures.

[0041] Des techniques autres que le moulage sous vide peuvent être utilisées pour l'assemblage du panneau. Ainsi, les différentes couches préimprégnées peuvent être moulées sous presse. Une autre technique consiste à placer les différentes couches non imprégnées dans un moule dans lequel la composition d'imprégnation est injectée (procédé dit RTM pour "Resin Transfer Moulding").

[0042] Selon une variante de réalisation, la couche isolante 20 à l'avant du panneau peut être sous forme d'une plaque de verre par exemple vitrocéramique.

[0043] Dans tous les cas, la face avant peut être dépolie, par exemple par grenailage, afin de créer un relief augmentant la surface rayonnante.

[0044] De ce qui précède, il apparaît qu'un panneau radiant peut être obtenu de façon relativement simple et rapide, avec une épaisseur totale limitée, inférieure à 4 mm, voire même typiquement inférieure à 2 mm. Un tel panneau, éventuellement après décoration, peut être

aisément intégré à une pièce d'habitation. Il peut aussi être conçu sous forme de panneau de chauffage amovible ou mobile.

[0045] Un autre avantage d'un panneau radiant réside dans son taux de radiation relativement supérieur à 10 %, voire 25 % et pouvant même atteindre au moins 30% avec une température de surface de 80°C, donc relativement peu élevée. Le taux de radiation est le rapport entre la puissance rayonnée et la puissance absorbée par le panneau.

[0046] Un exemple particulier de réalisation sera maintenant décrit.

#### Exemple

[0047] L'élément chauffant est un tissu de fibres de carbone obtenu par carbonisation d'un tissu satin de rayonne de masse surfacique égale à 270 g/m<sup>2</sup>. Le traitement thermique de carbonisation comprend une pré-carbonisation à une température d'environ 375°C suivie d'une carbonisation finale à une température de 790°C pendant environ 1 min. Un pli rectangulaire de dimensions 530 x 330 mm est découpé dans le tissu de fibres de carbone, la masse du pli étant de 46 g.

[0048] Des électrodes constituées de deux bandes de cuivre de 1/10° mm d'épaisseur perforées sur toute leur longueur de largeur égale à 10 mm et de longueur égale à 330 mm sont placées le long des deux petits côtés du pli de tissu en fibres de carbone et collées sur ce dernier par une bande adhésive à base d'un tissu de verre, ayant une tenue en température jusqu'à 180°C. Les électrodes sont équipées de fils électriques de raccordement soudés à l'étain sur une de leurs extrémités. La résistance mesurée du pli de tissu en fibres de carbone est égale à 210 W.

[0049] Un pli de tissu de verre sergé de dimensions égales à 700 x 500 mm et de masse égale à 110 g est placé en face avant, tandis que quatre plis de tissu de verre taffetas de dimensions égales à 700 x 500 mm et de masse égale à 330 g sont placés en face arrière.

[0050] Les plis de tissu de carbone et de verre sont imprégnés par une composition comprenant une résine époxy additionnée d'un durcisseur, d'un accélérateur et d'un colorant noir constitué par un mélange à 2 % en poids de noir de carbone dans une pâte époxy. Les perforations des électrodes permettent le passage de la composition d'imprégnation pour assurer un bon contact entre les électrodes et le tissu de carbone, même lorsque les électrodes ne sont pas collées sur le tissu.

[0051] L'ensemble est polymérisé sous vide comme décrit en référence à la figure 2.

[0052] Le panneau obtenu est équipé d'une prise électrique et essayé sous une tension d'alimentation alternative égale à 230 V.

[0053] La figure 3 montre l'évolution de la température à la surface avant du panneau lors de cycles successifs comprenant une période de mise sous tension de 15 min, suivie d'une période de mise hors tension de 15

min. La rapidité de la montée et de la descente en température, à la mise en tension et hors tension, et la reproductibilité des cycles sont remarquables.

[0054] La figure 4 montre l'évolution de la température à la surface avant (courbe A) et de la température ambiante (courbe B) au centre d'une pièce de 60 m<sup>3</sup> sur un mur de laquelle le panneau est installé, et est maintenu sous une tension de 230 V. La constance de la valeur de température de surface (qui évolue en parallèle avec la température ambiante) est remarquable.

[0055] L'émissivité de l'élément chauffant du panneau, c'est-à-dire du tissu en fibres de carbone enduit de résine époxy a été mesurée de la façon suivante (figure 5).

[0056] Un échantillon 30 de tissu enduit de résine époxy est muni d'électrodes et mis sous tension de façon à obtenir une température de surface de 100°C. Le flux thermique produit, passant successivement à travers un modulateur 32, un diaphragme 34 et une lentille 36 est focalisé sur un détecteur 38 de type photoélectrique qui délivre une tension proportionnelle à la luminance du matériau de l'échantillon. Le modulateur 32 est un disque rotatif comportant des secteurs alternativement opaques et transparents à la radiation thermique. Il permet de recueillir le flux radiatif émis, en s'affranchissant du bruit environnant.

[0057] La tension délivrée par le détecteur est de 7,5 µV, quelle que soit la face de l'échantillon présentée en regard du détecteur.

[0058] A titre de référence, l'échantillon 30 est remplacé par un corps noir dont la surface est portée à 100°C. La puissance radiative délivrée par le corps noir est la valeur maximale de référence, correspondant à une émissivité  $\epsilon = 1$ . La tension recueillie en sortie du détecteur est de 8,0 µV.

[0059] On en déduit, pour l'échantillon 30, une émissivité  $\epsilon$  égale à 0,937.

[0060] Le taux de radiation du panneau est mesuré en portant le panneau radiant à une température de surface de 80°C dans un local à 19°C dans lequel l'ambiance est stable et maîtrisée. Une plaque réceptrice disposée à 1 mètre de distance en regard du panneau radiant, et sur laquelle sont répartis uniformément 150 thermocouples, recueille le faisceau de température rayonné par le système. A partir de ces données, on calcule le taux de radiation. La valeur mesurée du taux de radiation est égale à 30% environ.

#### Essai comparatif

[0061] A partir d'un tissu de rayonne tel que celui utilisé dans l'exemple précédent, différents cycles de carbonisation sont réalisés qui se distinguent les uns des autres par la température finale de traitement thermique de carbonisation.

[0062] La figure 6 montre la variation de la résistance électrique mesurée en fonction de la température finale de carbonisation pour des échantillons de tissu de

dimensions 10 cm x 10 cm, les mesures étant effectuées directement sur le tissu non muni d'électrode respectivement dans le sens chaîne et dans le sens trame. On note que les variations dans les deux sens, chaîne et trame, sont pratiquement identiques.

[0063] La figure 7 montre la variation de la résistance électrique en fonction du taux de carbone mesuré pour les mêmes échantillons.

[0064] On constate que la résistance devient relativement faible pour des températures finales de carbonisation supérieures à 1000°C et des taux de carbone correspondants supérieurs à 96 %, tandis qu'en deçà d'une température finale de 700°C correspondant environ à un taux de carbone de 92%, la résistance devient relativement élevée.

### Revendications

1. Panneau de chauffage électrique comportant un élément résistif de forme essentiellement bidimensionnelle en fibres de carbone, des électrodes reliées électriquement à l'élément électrique, et au moins une couche de matière électriquement isolante située sur chaque face de l'élément résistif, les couches de matière isolante, l'élément résistif et les électrodes étant noyées dans une matière plastique, caractérisé en ce que l'élément résistif est constitué par une couche de tissu en fibres de carbone à précurseur cellulosique, le taux de carbone dans les fibres étant compris entre 92 % et 96 % et l'émissivité du tissu étant supérieure à 0,7.
2. Panneau selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'émissivité du tissu est supérieure à 0,9.
3. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le taux de radiation est supérieur à 10% pour une température de surface de 80°C.
4. Panneau selon la revendication 3, caractérisé en ce que le taux de radiation est supérieur à 25% pour une température de surface de 80°C.
5. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'élément résistif est constitué par une couche de tissu en fibres de carbone à précurseur rayonne.
6. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les couches de matière isolante sont au moins en partie constituées par des couches de tissu en fibres de verre.
7. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la matière plastique est une résine thermodurcissable polymérisée

additionnée d'un colorant noir.

8. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les électrodes sont constituées par des bandes métalliques conductrices perforées.
9. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant une face avant rayonnante et une face arrière opposée à la face avant, caractérisé en ce qu'une feuille réfléchissante est insérée entre la face arrière du panneau et l'élément résistif.
10. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant une face avant rayonnante et une face arrière opposée à la face avant, caractérisé en ce qu'une couche de matériau en nid d'abeilles est disposée à l'arrière de l'élément résistif.
11. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant une face avant rayonnante, caractérisé en ce qu'il comprend une plaque de verre en face avant.
12. Panneau selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant une face avant rayonnante, caractérisé en ce que la face avant est dépolie.
13. Procédé de fabrication d'un panneau électrique radiant, comprenant les étapes de réalisation d'un élément résistif en fibres de carbone de forme essentiellement bidimensionnelle, mise en place d'électrodes de raccordement au contact de l'élément résistif, disposition d'au moins une couche de matière électriquement isolante sur chaque face de l'élément résistif, imprégnation de l'élément résistif muni des électrodes et des couches de matière électriquement isolante par une résine thermodurcissable, et polymérisation de la résine, caractérisé en ce que la réalisation de l'élément résistif comprend la fourniture d'un tissu en fibres cellulosiques et la carbonisation du tissu par traitement thermique réalisé, en final, à une température maximale comprise entre 700°C et 1000°C, de sorte que le taux de carbone dans les fibres est compris entre 92% et 96%.
14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la température finale de traitement thermique est comprise entre 780°C et 820°C.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 et 14, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de pré-carbonisation à une température comprise entre 350°C et 420°C.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que le tissu est maintenu à la température finale pendant une durée comprise entre 0,7 min et 1,3 min.

5

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que l'imprégnation est réalisée par une résine époxy additionnée d'un colorant noir.

10

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que la polymérisation de la résine est réalisée lors d'une phase de mise en forme du panneau par moulage sous vide.

15

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, caractérisé en ce que les électrodes sont mises en place par collage de bandes métalliques perforées le long de deux bords opposés de l'élément résistif.

20

25

30

35

40

45

50

55



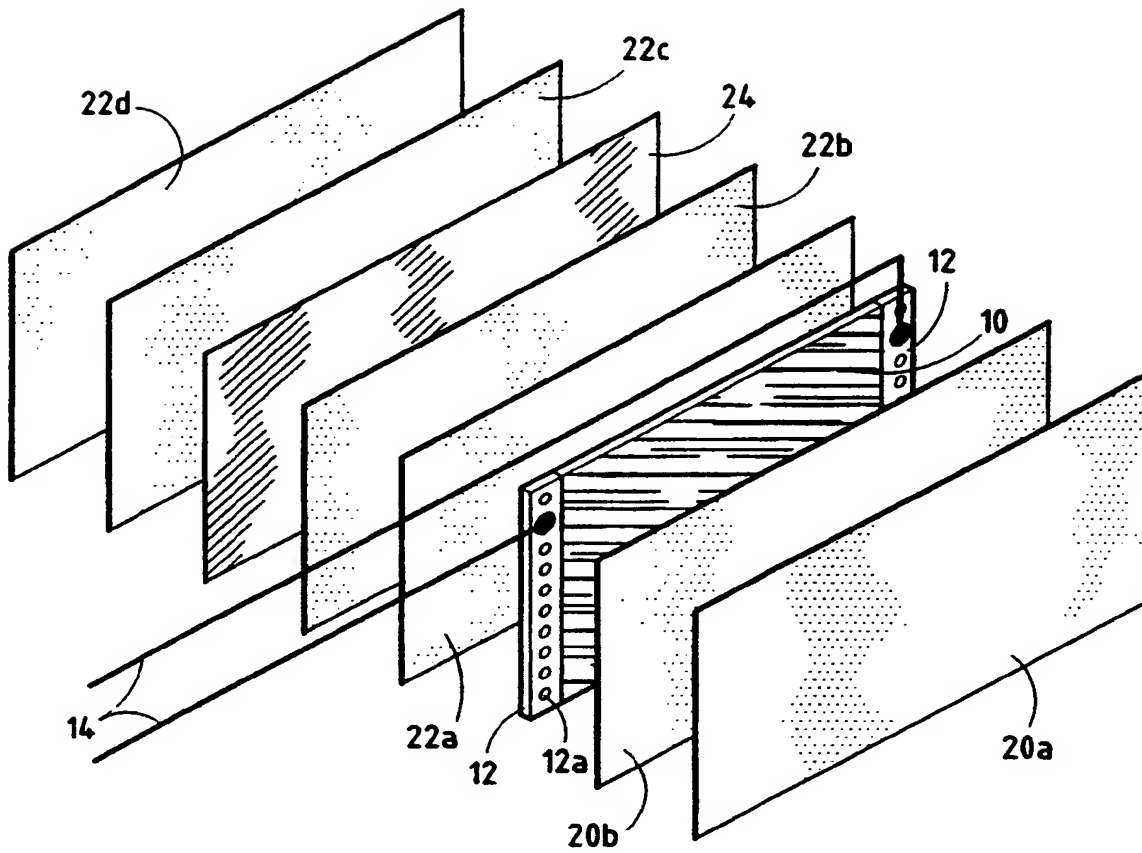


FIG. 1

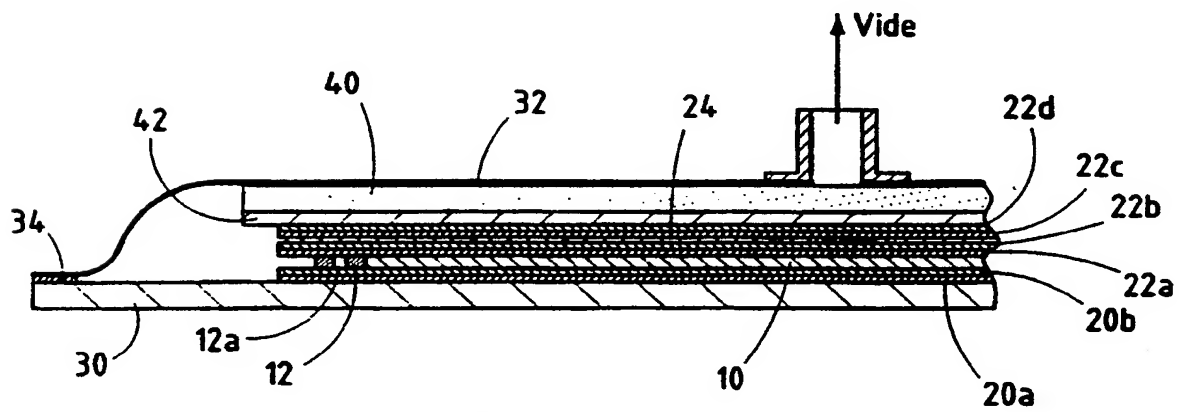


FIG. 2



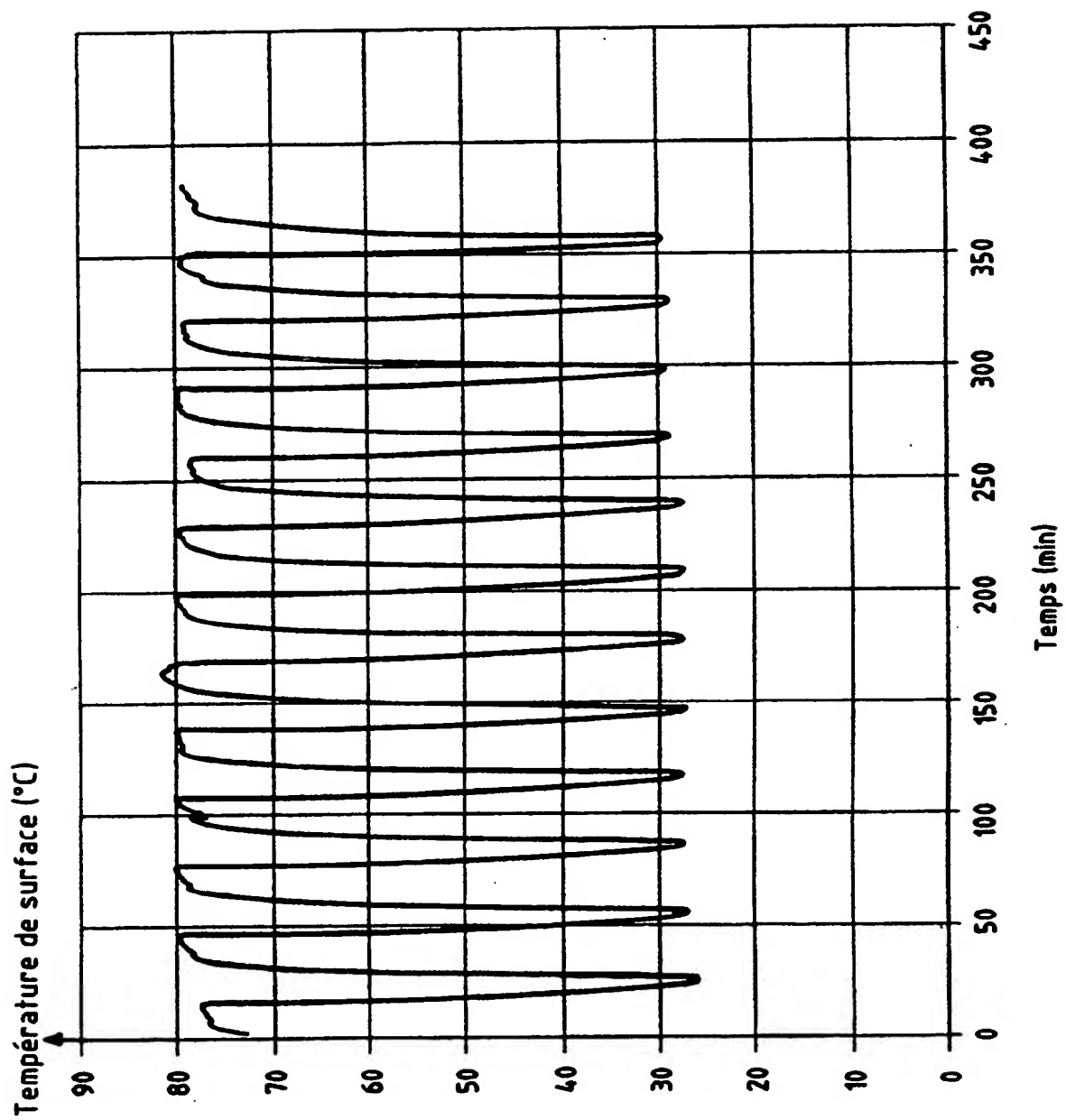


FIG.3

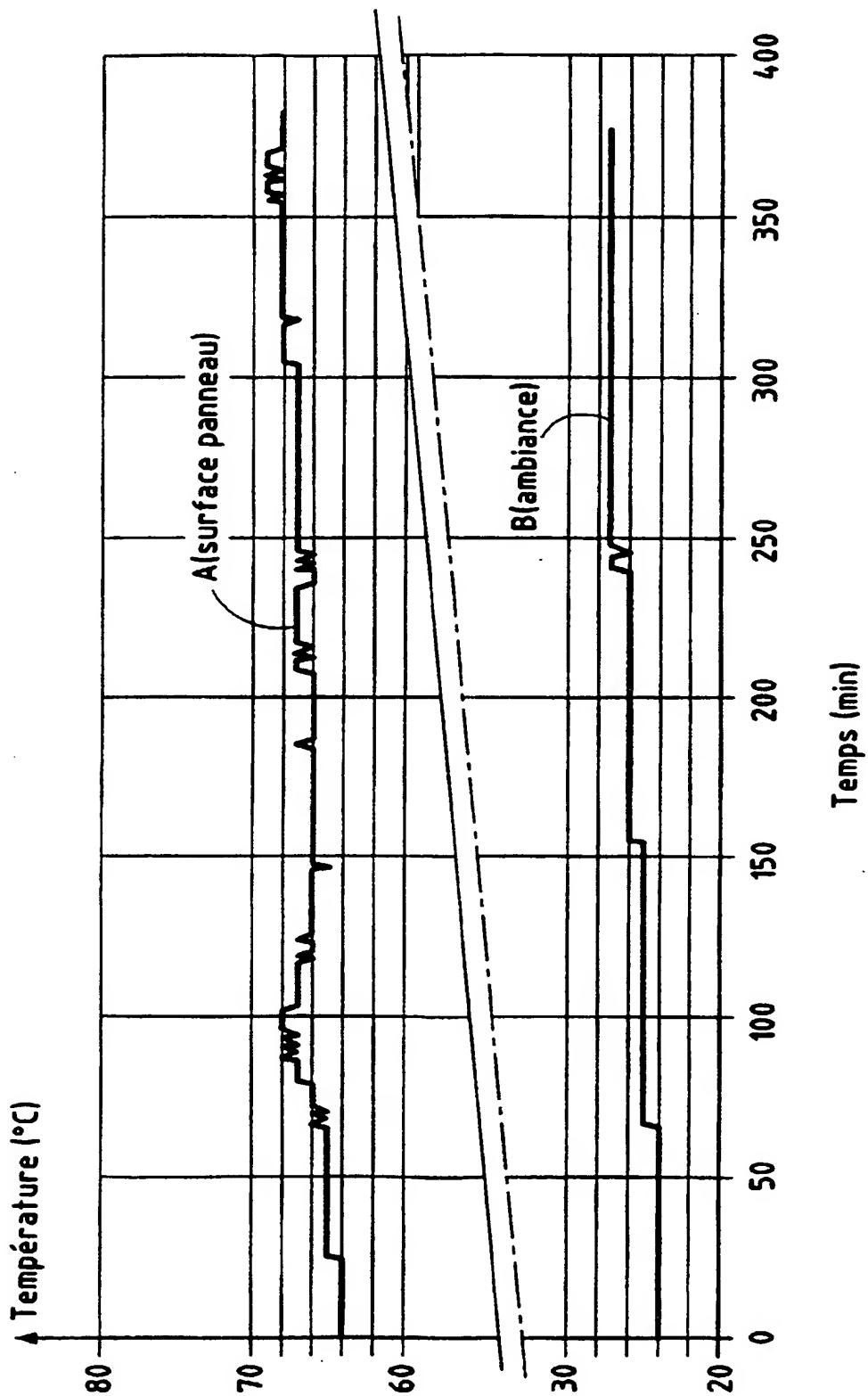


FIG.4

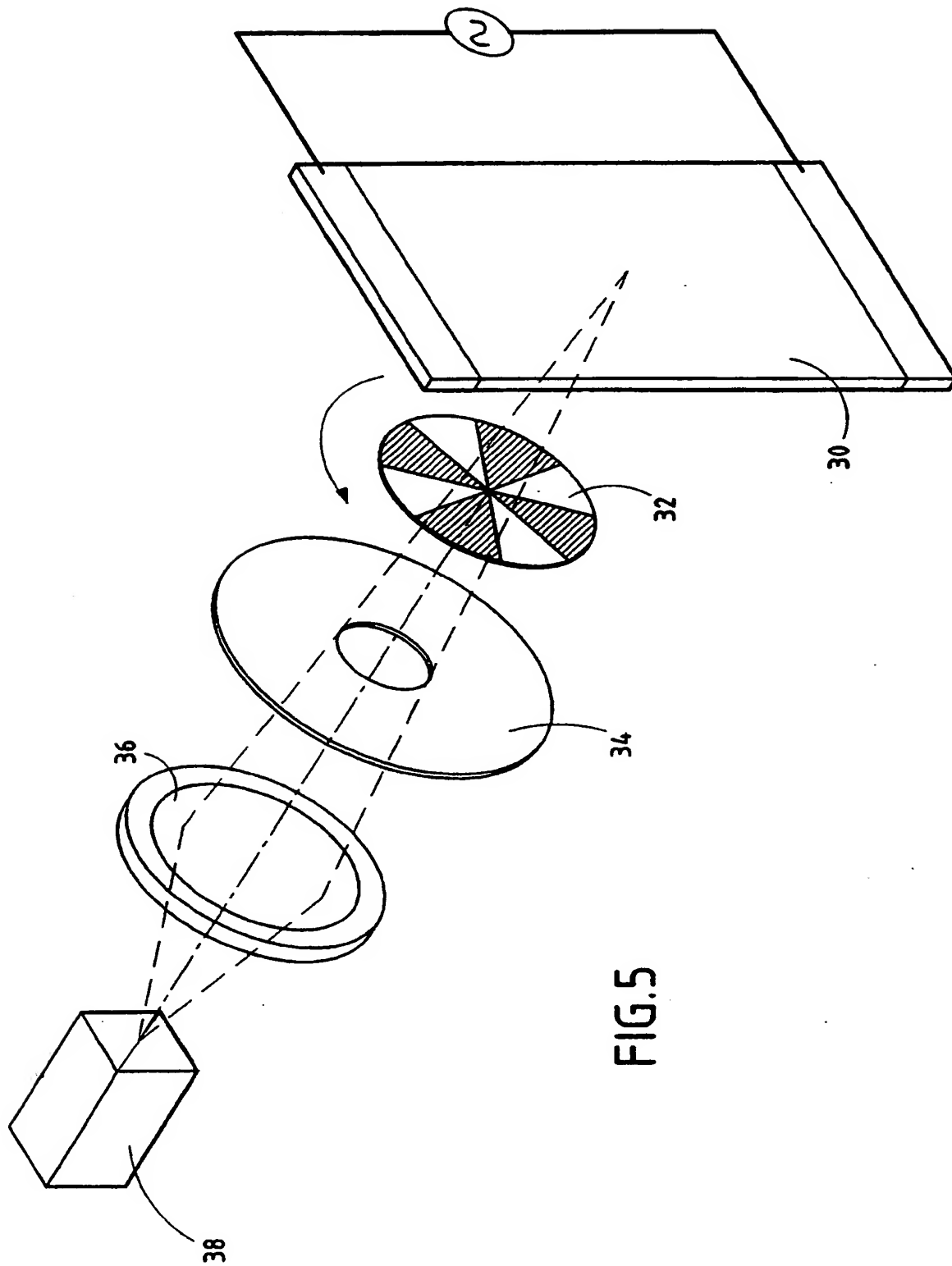


FIG. 5

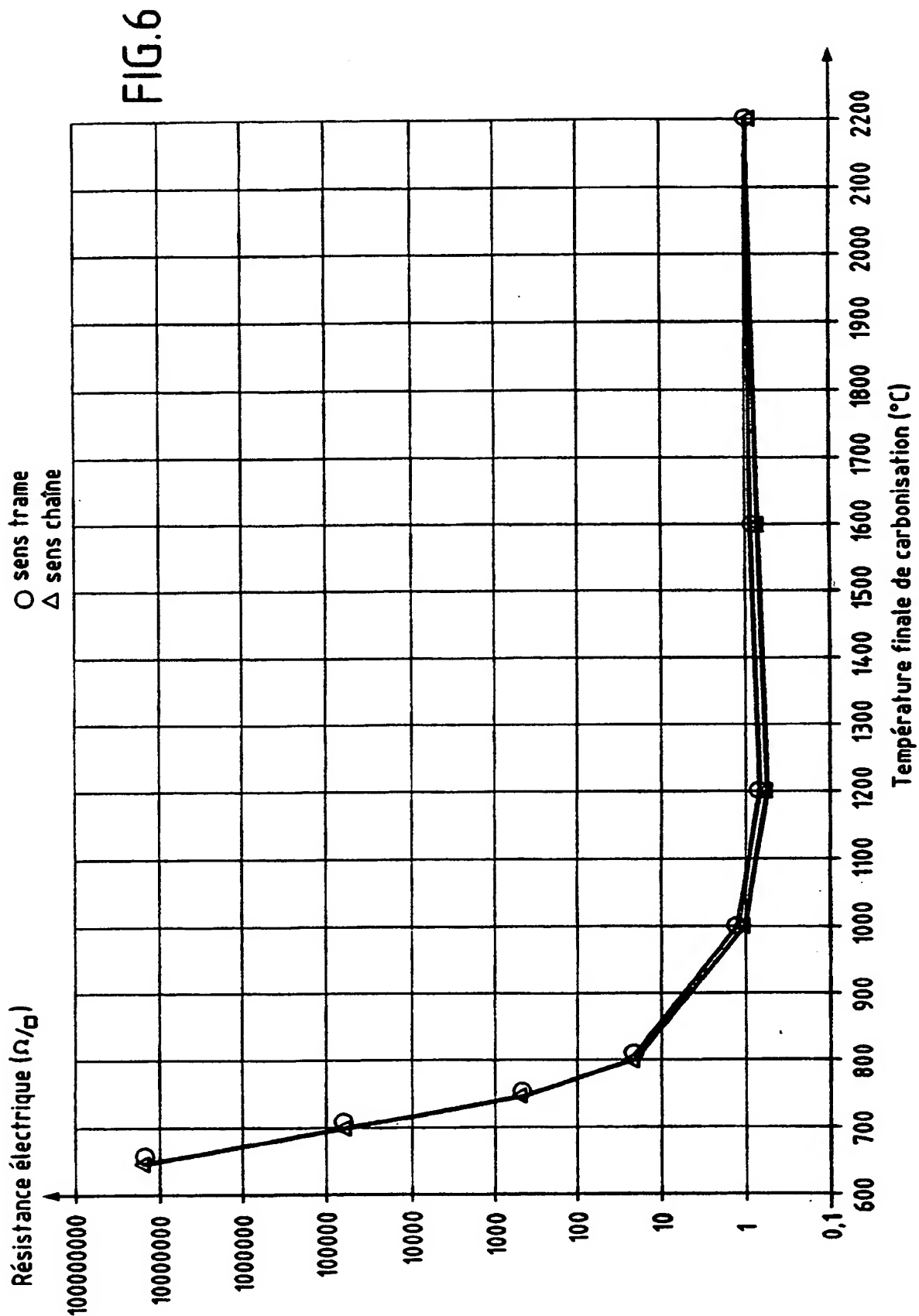
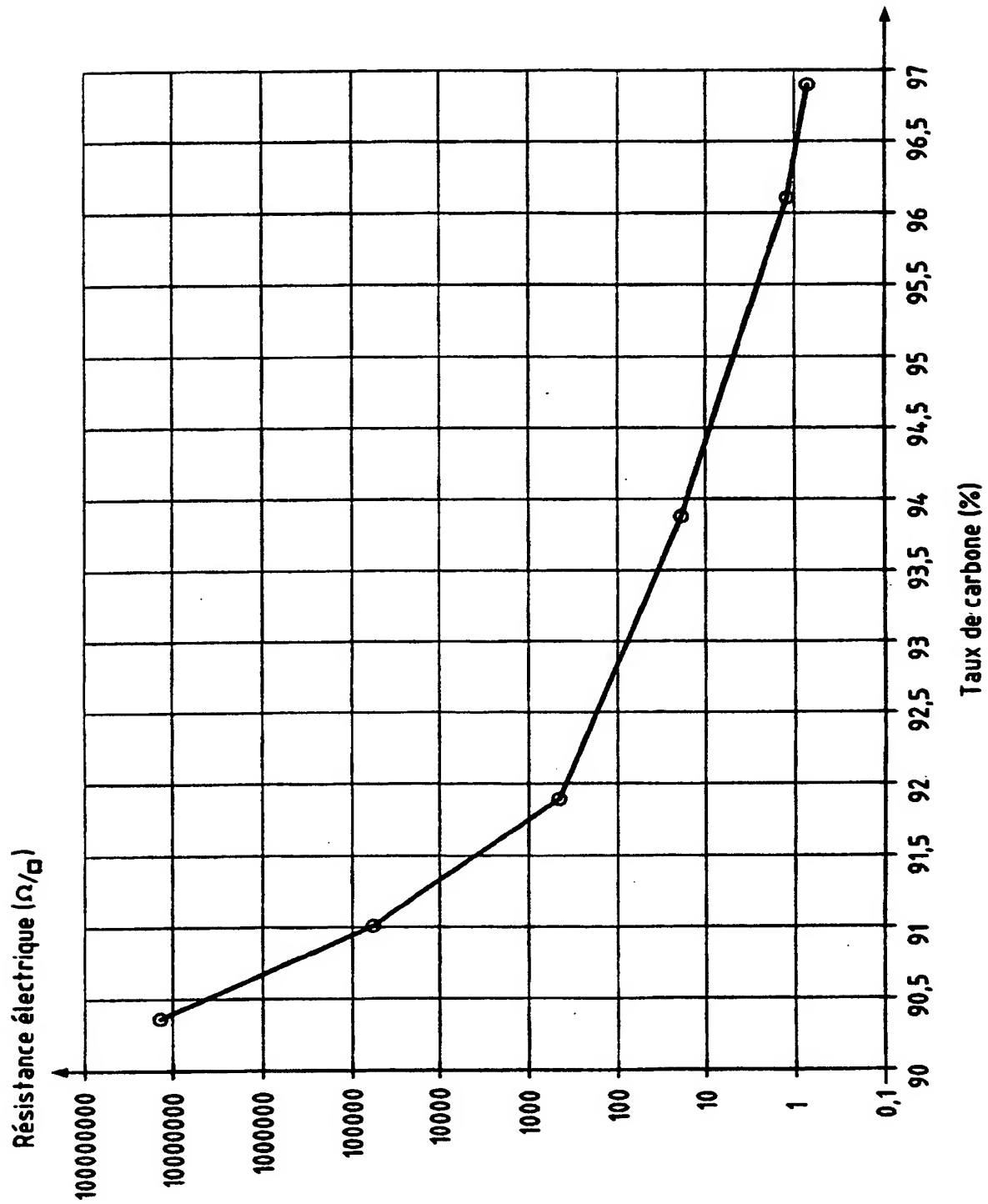


FIG. 7





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 98 40 3278

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.C1.6)
Y	US 4 816 242 A (VENNER JOZEF G ET AL) 28 mars 1989 * colonne 2 - colonne 4; figures 2,7 * * colonne 7, ligne 5 - ligne 9 *	1-5,9, 13-16	H05B3/14 H05B3/36 D01F9/16
Y	US 5 459 327 A (NOMURA HAREHIKO) 17 octobre 1995 * le document en entier *	1-5,9, 13-16	
A	US 4 257 157 A (POLLOCK JAMES F ET AL) 24 mars 1981 * colonne 8, ligne 37 - colonne 43 *	5	
A,D	DE 42 21 455 A (GIULINI CHEMIE) 13 janvier 1994 * le document en entier *	6,7	
A	GB 2 285 729 A (BRITISH TECH GROUP INT) 19 juillet 1995 * abrégé; figures *		
A	EP 0 278 139 A (STACKPOLE FIBERS COMPANY INC) 17 août 1988 * abrégé; figures *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.C1.6)
			H05B D01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19 mars 1999	Examineur Wansing, A
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03/82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 98 40 3278

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19-03-1999.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-03-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4816242 A	28-03-1989	CA 1283516 A	30-04-1991
		EP 0218235 A	15-04-1987
		JP 62199819 A	03-09-1987
		US 4938941 A	03-07-1990
US 5459327 A	17-10-1995	JP 2709260 B	04-02-1998
		JP 7114974 A	02-05-1995
		KR 133009 B	14-04-1998
US 4257157 A	24-03-1981	GB 1600253 A	14-10-1981
		CH 638940 A	14-10-1983
		DE 2822536 A	25-01-1979
		FR 2392573 A	22-12-1978
		JP 1339985 C	29-09-1986
		JP 53145137 A	18-12-1978
		JP 61006982 B	03-03-1986
		NL 7805582 A	27-11-1978
		SE 443586 B	03-03-1986
DE 4221455 A	13-01-1994	SE 7805804 A	24-11-1978
		AUCUN	
GB 2285729 A	19-07-1995	AU 1248195 A	17-07-1995
		CA 2179821 A	06-07-1995
		EP 0736240 A	09-10-1996
		WO 9518517 A	06-07-1995
		JP 9509779 T	30-09-1997
		ZA 9410162 A	24-08-1995
EP 0278139 A	17-08-1988	US 4728395 A	01-03-1988
		US RE34162 E	19-01-1993

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82